

BUNDESREPUBLIK DEUTSCHLAND

09/530549

PRIORITY
DOCUMENTSUBMITTED OR TRANSMITTED IN
COMPLIANCE WITH RULE 17.1(a) OR (b)

REC'D 26 NOV 1999

WIPO PCT

EJU

Bescheinigung

DE 99/2778

Die Siemens Aktiengesellschaft in München/Deutschland hat eine Patentanmeldung
unter der Bezeichnung

„Verfahren und Vorrichtung zur Systemsimulation von Mikrocontrollern/
Mikroprozessoren und zugehörigen Peripheriemodulen“

am 2. September 1998 beim Deutschen Patent- und Markenamt eingereicht.

Das angeheftete Stück ist eine richtige und genaue Wiedergabe der ursprüng-
lichen Unterlage dieser Patentanmeldung.

Die Anmeldung hat im Deutschen Patent- und Markenamt vorläufig das Symbol
G 06 F 9/455 der Internationalen Patentklassifikation erhalten.

München, den 21. Oktober 1999

Deutsches Patent- und Markenamt

Der Präsident

Im Auftrag

Nietiedt

Aktenzeichen: 198 40 033.0

THIS PAGE BLANK (USPTO)

198 40 033.0 vom 22.09.98



1

Beschreibung

Verfahren und Vorrichtung zur Systemsimulation von
Mikrocontrollern/Mikroprozessoren und zugehörnden

5 Peripheriemodulen

Die Erfindung betrifft ein Verfahren zur Systemsimulation
sowie eine Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens.

10 Simulationen von Rechnermodulen dienen dazu, die
Systemarchitektur eines Rechners zu optimieren, eine
geeignete Software zu entwickeln und frühzeitig Fehler zu
erkennen, bevor die Hardware tatsächlich realisiert wird.
Dadurch kann erheblicher Entwicklungsaufwand eingespart
15 werden.

Wenn zum Beispiel für einen Mikrocontroller ein Peripherie-
modul entwickelt werden soll, wird dieses Modul mit typischen
Signalmustern simuliert, wobei der vorzugsweise ebenfalls
20 simulierte Mikroprozessor das Modul konfiguriert und steuert.
Die simulierten Zustände des Moduls werden durch den
Mikroprozessor abgefragt und ausgewertet. Da die Simulationen
taktzyklengenau sind, werden alle Module immer mitsimuliert,
wenn der Mikrocontroller die Zustände des Peripheriemoduls
25 auswertet. Diese Auswertung kann die Simulationszeit
erheblich verlängern.

Insbesondere in dem Fall, in dem mehrere Module gleichzeitig
simuliert werden, kann jedoch der gesamte Ablauf eine relativ
30 lange Zeitdauer erfordern, zumal aufgrund des einheitlichen
Prozessortaktes die Simulation aller Module stets weiter-
läuft, auch wenn gerade die Zustände eines Moduls ausgewertet
werden.

Bisher wurde die verlängerte Simulationszeit in Kauf genommen oder es wurde die Auswertung der Peripheriezustände auf ein Minimum reduziert bzw. nicht während der Systemsimulation gemacht.

Der Erfindung liegt deshalb die Aufgabe zugrunde, ein Verfahren und eine Vorrichtung der eingangs genannten Art anzugeben, mit dem/der der gesamte Simulationsablauf wesentlich beschleunigt werden kann.

Gelöst wird diese Aufgabe für das Verfahren dadurch, daß eine erste Abfolge von Verfahrensschritten zur Simulation des Moduls mit vorbestimmten Signalmustern und eine zweite Abfolge von Verfahrensschritten zur Abfrage und zur Auswertung von durch die Simulation hervorgerufenen Systemzuständen vorgesehen ist, wobei die erste Abfolge zur Durchführung der zweiten Abfolge nach Maßgabe von in die erste Abfolge eingefügte Marken unterbrochen und die zweite Abfolge in einer an die Auswertung angepaßten, beschleunigten Betriebsart ausgeführt wird.

Während der normalen Simulation wird der Mikrocontroller und das Peripheriemodul taktzyklengenau simuliert, während bei der beschleunigten Codeausführung dagegen keine „simulierte“ Zeit vergeht, d. h., daß der Programmteil in einer Art Instruction-Set-Simulator abgearbeitet wird.

In einer Ausführungsform ist vorgesehen, daß während der beschleunigten Codeausführung auch bestimmte Peripheriemodule rein funktional mitsimuliert werden.

Die Aufgabe wird für die Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens dadurch gelöst, daß eine Mikroprozessor-
Steuereinheit zur Simulation des Moduls vorgesehen ist durch
Erzeugung von taktzyklenbasierten Signalmustern sowie zur
5 Abfrage und zur Auswertung der durch die Simulation
hervorgerufenen Systemzustände während einer
Programmunterbrechung durch Aktivierung eines Befehlssatz-
Simulators.

10 Ein besonderer Vorteil dieser Lösungen besteht darin, daß
durch die Trennung der eigentlichen Systemsimulation von der
Auswertung der Simulationsergebnisse eine wesentliche
Verringerung der für den Gesamtablauf erforderlichen Zeit
erreicht werden kann, da in der Auswertungsphase der
15 Prozessor einerseits nicht mit den dann überflüssigen
Simulationsvorgängen belastet ist und andererseits die
Auswertung an sich durch die beschleunigte Betriebsart
schneller abläuft.

20 Weitere Vorteile bestehen darin, daß das Programm die
Zustände des Peripheriemoduls umfassend kontrollieren und
testen kann. Es muß nicht ein zusätzliches externes
Auswertungsprogramm aktuell gehalten werden. Darüber hinaus
kann vollständig verhindert werden, daß die Auswertung das
25 Zeitverhalten des Programms beeinflußt.

Ein entscheidender Vorteil besteht darüber hinaus darin, daß
das für die Systemsimulation und den simulierten
Mikrocontroller erarbeitete Programm nach Entfernung der
30 vorgesehenen Masken für den tatsächlich realisierten, also in
Silizium gegossenen Mikrocontroller eingesetzt werden kann.

Zusammenfassend besteht die Erfindung zur Simulation von Rechnermodulen im Wesentlichen darin, daß sich die Systemsimulation aus der Sicht des Mikrocontrollers bzw. Mikroprozessors in zwei Teilsimulationen unterteilen lassen:

- 5 Zum einen in die eigentliche Systemsimulation, also in die Simulation des Peripheriemoduls, das mit typischen Signalmustern simuliert wird, und in die Simulation des Mikrocontrollers. Die zweite Teilsimulation betrifft die Auswertung von abgefragten Systemzuständen. Wenn die
- 10 Auswertungsphase durch das vorgeschlagene Verfahren beschleunigt wird, wird sowohl das simulierte Zeitverhalten genauer, als auch die gesamte Simulationszeit wesentlich verringert.
- 15 Das erfindungsgemäße Verfahren wird nachfolgend anhand eines Ausführungsbeispiels näher erläutert.

Als Ausführungsbeispiel wird die Simulation eines Mikrocontrollers vom Typ 8051 angenommen.

- 20 Beim Simulationsmodell des 8051-Mikrocontrollers sei angenommen, daß das erfindungsgemäße Verfahren implementiert ist. Beispielsweise kann der Assemblercode für das Simulationsmodell des 8051-Mikrocontrollers folgendermaßen
- 25 lauten:

... (Programmcode) ...

db 0a5h, „1+“ ; **** start lightspeed mode

- 30 mov sbuf, #“H” ; visible in the console window
mov sbuf, #“i”
mov sbuf, #“!”

```
db 0a5h, „1-“ ; **** end lightspeed mode
```

```
mov sbuf, #"H" ; visible on the internal bus, but not
in the console window
```

```
...(Programmcode)...
```

Der Programmcode wird zwischen den Marken direkt abgearbeitet, ohne daß das Simulationsmodell Taktflanken benötigt. Der hierbei abgearbeitete Programmcode befindet sich vor den Marken und nach den Marken und oben ist lediglich durch Punkte (...) angedeutet. Als Marken können die üblicherweise nicht verwendeten Opcode a5h mit der nachfolgenden ASCII-Zeichenfolge „1+“ und „1-“ zum Starten bzw. zum Beenden der zweiten Abfolge von Verfahrensschritten verwendet werden. Auch geeignete Opcodesequenzen können verwendet werden. Die zweite Abfolge von Verfahrensschritten wird nachfolgend als „lightspeedmode“ bezeichnet.

Während dieser zweiten Abfolge von Verfahrensschritten wird die serielle Schnittstelle des Simulationsmodells des 8051-Mikrocontrollers nachgebildet, indem alle Ausgaben vom Simulationsmodell auf ihr Register SBUF direkt an das Konsolenfenster geschrieben werden.

Patentansprüche

1. Verfahren zur Systemsimulation mit simulierten Mikrocontrollern/Mikroprozessoren und zugehörender Peripheriemodulen,
gekennzeichnet durch eine erste Abfolge von Verfahrensschritten zur Simulation des Mikrocontrollers/Mikroprozessors und der Peripheriemodule mit vorbestimmten Signalmustern und
eine zweite Abfolge von Verfahrensschritten zur Abfrage und zur Auswertung von durch die Simulation hervorgerufenen Systemzuständen,
wobei die erste Abfolge zur Durchführung der zweiten Abfolge nach Maßgabe von in die erste Abfolge eingefügte Marken unterbrochen und die zweite Abfolge in einer an die Auswertung angepaßten, beschleunigten Betriebsart ausgeführt wird.
2. Verfahren nach Anspruch 1,
dadurch gekennzeichnet,
daß die erste Abfolge von Verfahrensschritten eine taktzyklenbasierte Simulation des Mikrocontrollers/Mikroprozessors und der Peripheriemodule vorsieht.
3. Verfahren nach Anspruch 1 oder 2,
dadurch gekennzeichnet,
daß die erste Abfolge von Verfahrensschritten eine Folge von aufeinanderfolgenden Programmcodes ist.
4. Verfahren nach Anspruch 3,
dadurch gekennzeichnet,
daß die Marken durch im Programmcode üblicherweise nicht verwendete Opcodes oder Opcodesequenzen gebildet sind.

5. Verfahren nach einem der Ansprüche 1 bis 4,
dadurch gekennzeichnet,
daß während der zweiten Abfolge von Verfahrensschritten
5 vorgegebene Peripheriemodule funktional mitsimuliert werden.

6. Vorrichtung zur Durchführung des Verfahrens nach einem der
Anspruch 1 bis 5,

gekennzeichnet durch

10 eine Mikroprozessor-Steuereinheit zur Simulation des Moduls
durch Erzeugung von im wesentlichen taktzyklengenauen
Signalmustern sowie zur Abfrage und zur Auswertung der durch
die Simulation hervorgerufenen Modulzustände während einer
Programmunterbrechung durch Aktivierung eines Befehlssatz-
15 Simulators.

Zusammenfassung

Verfahren und Vorrichtung zur Systemsimulation von
Mikrocontrollern/Mikroprozessoren und zugehörigen

5 Peripheriemodulen

Es wird ein Verfahren zur Systemsimulation beschrieben, das
sich auszeichnet durch eine erste Abfolge von
Verfahrensschritten zur Simulation des Mikrocontrollers/
10 Mikroprozessors und der Peripheriemodule mit vorbestimmten
Signalmustern und eine zweite Abfolge von Verfahrensschritten
zur Abfrage und zur Auswertung von durch die Simulation
hervorgerufenen Systemzuständen. Die erste Abfolge zur
Durchführung der zweiten Abfolge wird nach Maßgabe von in die
15 erste Abfolge eingefügten Marken unterbrochen und die zweite
Abfolge in einer an die Auswertung angepaßten, beschleunigten
Betriebsart ausgeführt.